

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-291116

(43)Date of publication of application : 19.10.2001

(51)Int.Cl.

G06T 17/40

G06T 15/00

(21)Application number : 2000-109090

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 11.04.2000

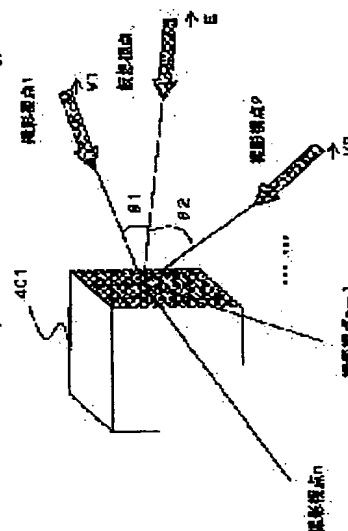
(72)Inventor : GO IKOKU
YOKOYAMA ATSUSHI
SATO HIROYUKI

(54) DEVICE AND METHOD FOR GENERATING THREE-DIMENSIONAL IMAGE AND PROGRAM PROVIDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a texture mapping technique capable of generating a high quality three-dimensional image.

SOLUTION: Two camera photographing viewpoint images adjacent to a virtual viewpoint are selected, weighting is performed about a parameter the two images have, e.g. RGB values based on an angle formed between a virtual viewpoint vector and a photographing viewpoint vector, and the texture image of the virtual viewpoint is generated based on the two camera photographing viewpoint images. When the angle formed between the vector V1 of a photographing viewpoint 1 and the vector E of the virtual viewpoint is defined as θ_1 and an angle formed between the vector V2 of a photographing viewpoint 2 and the virtual viewpoint, image synthesis is calculated as $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$, and RGB values at the virtual viewpoint is a sum of RGB values at the viewpoint 1 $\times (1 - \alpha)$ + RGB values of the viewpoint 2 $\times \alpha$.



図面は、仮想視点Eと撮影視点V1、V2との位置関係を示す。仮想視点Eは、頂面の中心から上向きに伸びる。撮影視点V1は、頂面の左端から伸びる。撮影視点V2は、頂面の右端から伸びる。角度 θ_1 は、EとV1の間の角度、角度 θ_2 は、EとV2の間の角度を示す。

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-291116
(P2001-291116A)

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト [*] (参考)
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	A 5 B 0 5 0
15/00	3 0 0	15/00	3 0 0 5 B 0 8 0

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-109090(P2000-109090)

(22) 出願日 平成12年4月11日(2000. 4. 11)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 呉 偉国

東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

(72) 発明者 横山 敦

東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

(74) 代理人 100101801

弁理士 山田 英治 (外2名)

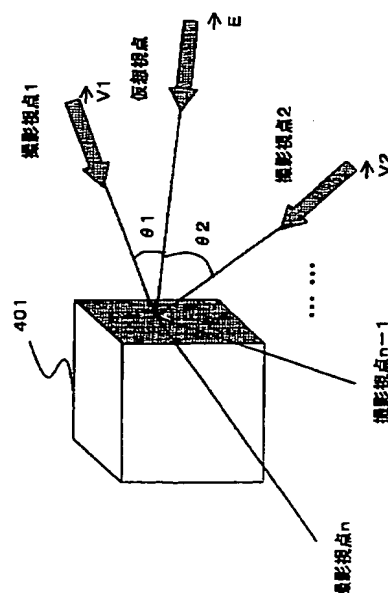
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元画像生成装置および三次元画像生成方法、並びにプログラム提供媒体

(57) 【要約】

【課題】 高画質な三次元画像の生成を可能とするテクスチャマッピングの手法を提供する。

【解決手段】 仮想視点に近接する2つのカメラ撮影視点画像を選択し、これら2つの画像の持つパラメータ例えばRGB値について、仮想視点ベクトルと撮影視点ベクトルとのなす角度に基づいて重み付けを実行して、2つのカメラ撮影視点画像に基づいて仮想視点のテクスチャ画像を生成する。画像の合成は、撮影視点1のベクトルV1と仮想視点のベクトルEとのなす角を θ_1 とし、撮影視点2のベクトルV2と仮想視点のなすベクトルEとのなす角を θ_2 としたとき、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ とし、仮想視点におけるRGB値=撮影視点1のRGB値 $\times (1 - \alpha)$ + 撮影視点2のRGB値 $\times \alpha$ として求める。



仮想視点におけるRGB値 =
撮影視点1におけるRGB値 $\times (1 - \alpha)$ + 撮影視点2におけるRGB値 $\times \alpha$

ここで、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成装置において、

複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択し、

前記仮想視点方向と、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の 2 つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行して前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行する構成を有することを特徴とする三次元画像生成装置。

【請求項 2】前記仮想視点における画像のパラメータの算出処理は、

前記仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の撮影視点を撮影視点 1、撮影視点 2 としたとき、撮影視点 1 のベクトル V_1 と仮想視点のベクトル E とのなす角を θ_1 とし、撮影視点 2 のベクトル V_2 と仮想視点のなすベクトル E とのなす角を θ_2 とし、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ を求め、仮想視点における画像パラメータ = 撮影視点 1 の画像パラメータ $\times (1 - \alpha) +$ 撮影視点 2 の画像パラメータ $\times \alpha$ として求める構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の三次元画像生成装置。

【請求項 3】前記画像パラメータは RGB 値または濃淡値のいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の三次元画像生成装置。

【請求項 4】三次元画像生成装置は、

前記複数のカメラ撮影視点画像におけるテクスチャ画像として使用する画像領域について、画像の濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行し、正規化処理後の画像について、画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行して前記仮想視点における画像パラメータの算出処理を実行する構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の三次元画像生成装置。

【請求項 5】三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成方法において、

複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択する画像選択ステップと、

前記仮想視点方向と、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の 2 つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行する合成処理ステップと、

前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行するテク

スチャマッピングステップと、

を有することを特徴とする三次元画像生成方法。

【請求項 6】前記仮想視点における画像のパラメータの算出処理は、

前記仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の撮影視点を撮影視点 1、撮影視点 2 としたとき、撮影視点 1 のベクトル V_1 と仮想視点のベクトル E とのなす角を θ_1 とし、撮影視点 2 のベクトル V_2 と仮想視点のなすベクトル E とのなす角を θ_2 とし、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ を求め、仮想視点における画像パラメータ = 撮影視点 1 の画像パラメータ $\times (1 - \alpha) +$ 撮影視点 2 の画像パラメータ $\times \alpha$ として求めることを特徴とする請求項 5 に記載の三次元画像生成方法。

【請求項 7】前記画像パラメータは RGB 値または濃淡値のいずれかを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の三次元画像生成方法。

【請求項 8】三次元画像生成方法において、さらに、前記複数のカメラ撮影視点画像におけるテクスチャ画像として使用する画像領域について、画像の濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行する正規化処理ステップを有し、

前記合成処理ステップは、

前記正規化処理後の画像について、画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行することを特徴とする請求項 5 に記載の三次元画像生成方法。

【請求項 9】三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成処理をコンピュータ・システム上で実行せしめるコンピュータ・プログラムを有形的に提供するプログラム提供媒体であって、前記コンピュータ・プログラムは、複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択する画像選択ステップと、前記仮想視点方向と、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の 2 つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記 2 つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行する合成処理ステップと、

前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行するテクスチャマッピングステップと、

を有することを特徴とするプログラム提供媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元形状モデルに対するテクスチャ画像の貼り込み技術に関する三次元画像生成装置および三次元画像生成方法、並びにプログラム提供媒体に関する。さらに詳細には、仮想視点のテクスチャ画像の貼り付け処理を改良することにより、不

自然さの少ないリアルな三次元画像を生成することを可能とした三次元画像生成装置および三次元画像生成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】物体の三次元形状は、例えば、測定対象に光を投射して、その光が反射して帰ってくるまでの時間を測定したり、測定対象にスリット状のパターン光をあてて測定対象に投影されたパターン光の形状を調べたり、あるいは、2台以上のカメラを使って、その画像間の対応点を見つけることで視差を求め、距離を計測するステレオ画像法等がよく知られている。

【0003】このような様々な手法で測定された測定対象の距離データとしての三次元モデルに、測定対象の実際の色彩を反映した画像を貼り付けることで、リアルな3次元画像が生成される。測定対象の実画像をテクスチャ画像と呼び、テクスチャ画像を3次元データに貼り付けることをテクスチャマッピングと呼ぶ。

【0004】一般に三次元モデルの表面に貼り付ける画像は、2次元のビットマップ画像やイメージファイル画像である。3Dグラフィックス技術において作成した3D形状モデルや3D形状計測装置で得られた物体の三次元形状の表面に2次元のビットマップ画像やイメージファイル画像からなるテクスチャ画像を貼り合わせることで、物体の三次元表示がなされる。例えば、レンガなどの画像を貼ることにより自然な三次元の壁が表現できたり、球体に世界地図の絵を貼り付けることにより、立体的な地球が表現されるようになる。

【0005】図1は、一般的なテクスチャマッピングの手法を説明する図である。図1に示す三次元形状モデル101は、例えば上述のステレオ画像法等によって取得された距離データに基づく三次元形状モデル101であり、二次元画像（テクスチャ）102は、ある視点から撮影した視覚的な色データ等を反映した実画像としての二次元画像（テクスチャ）102である。テクスチャマッピングは、三次元形状モデル101に、二次元画像（テクスチャ）102を貼り付けて行われ、このテクスチャマッピングにより、リアルな三次元表現が可能となる。なお、図に示すワイヤフレーム表示は、三次元形状モデル101から得られるテクスチャを貼り付ける平面領域を示すものである。

【0006】これまで、ステレオ画像法や、レーザ光の投光などを併用した3D計測装置で得られた物体の3D形状にテクスチャ画像を貼り合わせる技術について様々な検討がなされている。複数の視点からのテクスチャ画像を測定対象のそれぞれの領域に貼り付ける場合、複数のテクスチャ画像が異なる光源状態で撮影されていると、個々のテクスチャ画像の撮影時の光源状況の差により、画像間の色調に差が生じテクスチャ画像の貼り付け処理のみでは生成された画像に不自然な色合いが生じることがある。このような状況を解消するために、テクス

チャ画像の撮影時の光源状況を推定し、その推定に基づいて画像間の色調の差異を補正することにより高画質なテクスチャマッピングを行なう手法が開発されている

（例えば、佐藤いまり、佐藤洋一、池内克史：全方位ステレオによる実光源環境の計測とそれに基づく仮想物体の実画像への重ね込み、電子情報通信学会論文誌 D-11、Vol. J81-D-11、No. 5、pp861-871、1998）。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一般にデジタルカメラやDVカム等を用いて野外の風景や建物などを撮影する場合、照明光の光源推定は容易ではなく、撮影した複数の画像（テクスチャ画像）を用いて高画質のテクスチャマッピングを実行することは困難である。複数の画像を用いることによる不自然さを避けるため、例えば図2に示すように1枚のテクスチャ画像のみを用いてテクスチャマッピングを行なう方法もある。図2は、三次元形状モデル201のワイヤフレームに1枚の二次元画像（テクスチャ）202の対応領域の画像を貼りつけることにより、テクスチャマッピングを実行する構成を示している。

【0008】しかし、このような1枚の画像を用いる手法では、視点の変更により、テクスチャの画質が低下するという問題が発生する。例えば図2に示すカップの正面203の画像と端部204の画像をとともに1枚の二次元画像（テクスチャ）202から取得すると、カップの正面の画質と端部の画質に差が発生し、画質の低下が発生する。

【0009】このような画質低下を解消する手法として、仮想視点に最も近い撮影視点のテクスチャ画像を選択して三次元形状モデルに貼り付ける手法がある。この手法を図3を用いて説明する。図3において、測定対象301のテクスチャ画像の撮影を複数の視点（撮影視点1～n）によって撮り込み、仮想視点が設定されると、その仮想視点に最も近い撮影視点を選択してそのテクスチャ画像を測定対象301の三次元形状モデルに貼り付ける。図3に示す例では、例えば仮想視点のRGB値を撮影視点1あるいは撮影視点2のいずれかとするが、撮影視点1と仮想視点間の角度を θ_1 とし、撮影視点2と仮想視点間の角度を θ_2 として、 $\theta_1 < \theta_2$ であれば撮影視点1のRGB値を選択し、 $\theta_1 > \theta_2$ であれば撮影視点2のRGB値を選択する。このような方法によれば、画質の向上が図られる。しかし、この手法においては、画像間の濃淡連続性の保持が困難となり、視点の変化による画像の不自然さが発生する。

【0010】1つの面に対して複数枚のテクスチャ画像の利用が可能である場合、視点の移動に伴うテクスチャ画像の選択合成処理により、リアルな三次元物体を表現するVDTM（View-dependent texture mapping）という手法が開発されてい

る(Paul E. Debevec, Camillo J. Taylor and Jitendra Malik: "Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry and image-based approach," ACM SHINRAP '96 Proceedings, pp. 11-20, 1996.)。この手法は、1枚のテクスチャ画像を用いてテクスチャマッピングを行なう従来のCG手法とは異なり、三次元形状として再現できていない部分の視点移動による見え方の変化を再現可能である。しかし、この手法では、画質を高めるために保持する画像データの量が膨大になるという問題があり、また、複数のテクスチャ画像の光源条件が一定でなければならないという制限がある。

【0011】画像データ量を削減するために、視点が変わる毎に見えている部分のテクスチャデータだけを伝送してマッピングする手法(S. Horbelt, F. Jordan T. Ebrahimi: "View-Dependent Texture Coding for Transmission of Virtual Environment," Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol. 5, No. 6, pp. 498-501, 1998.)が開発されている。しかし、この手法ではユーザ側で視点変更が行なわれる度にデータの伝送が実行されることになるので、データアクセスの効率が悪いという欠点がある。

【0012】また、三次元形状の再構成時に撮られた画像間の対応を用いて画像間の内挿を行なう(Shenchang Eric Chen, Lance Williams: "View Interpolation for Image Synthesis," ACM SIGGRAPH '93 Proceedings, pp. 279-288, 1993.; Steven M. Seitz and Charles R. Dyer: "View Morphing," ACM SIGGRAPH '96 Proceedings, pp. 21-30, 1996.)方法により、画像データ量を少なくする方法も提案されている。しかし、この手法では、撮影時の画像の撮り込み方により、画質の劣化や不自然さの問題がある。

【0013】一方、テクスチャ画像の撮影時の光源状況を推定する方法(佐藤いまり, 佐藤洋一, 池内克史: "実物体のソフトシャドウにもとづく実照明環境の推定," 情報処理学会研究報告, 98-CVIM-110, 1998)により、画像間の色調の違いを補正する方法が検討されているが、補正処理のために画像中にある決まった物体が移ってなければならないという制限があり、この手法では、例えば野外で撮影した画像の光源推定を行なうことはできない。

【0014】本発明の三次元画像生成装置および三次元画像生成方法は、上述の各種従来技術の欠点に鑑みてなされたものであり、光源推定等の手法を用いることなく、画像の輝度平均値と分散を用いる濃淡値補正手法により、仮想視点に最も近い視点で撮影した2枚の画像を用いてその仮想視点のテクスチャ画像を作成して、不自然さのないリアルな三次元画像の生成を可能とすることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成装置において、複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する2つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択し、前記仮想視点方向と、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の2つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行して前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行する構成を有することを特徴とする三次元画像生成装置にある。

【0016】さらに、本発明の三次元画像生成装置の一実施態様において、前記仮想視点における画像のパラメータの算出処理は、前記仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する2つのカメラ撮影テクスチャ画像の撮影視点を撮影視点1、撮影視点2としたとき、撮影視点1のベクトル V_1 と仮想視点のベクトル E とのなす角を θ_1 とし、撮影視点2のベクトル V_2 と仮想視点のなすベクトル E とのなす角を θ_2 として、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ を求め、仮想視点における画像パラメータ = 撮影視点1の画像パラメータ $\times (1 - \alpha)$ + 撮影視点2の画像パラメータ $\times \alpha$ として求める構成であることを特徴とする。

【0017】さらに、本発明の三次元画像生成装置の一実施態様において、前記画像パラメータはRGB値または濃淡値のいずれかを含有することを特徴とする。

【0018】さらに、本発明の三次元画像生成装置の一実施態様において、前記複数のカメラ撮影視点画像におけるテクスチャ画像として使用する画像領域について、画像の濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行し、正規化処理後の画像について、画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行して前記仮想視点における画像パラメータの算出処理を実行する構成であることを特徴とする。

【0019】さらに、本発明の第2の側面は、三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成方法において、複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する2つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択する画像選択ステップと、前記仮想視点方向と、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の2つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行する合成処理ステップと、前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行するテクスチャマッピングステップと、を有すること

を特徴とする三次元画像生成方法にある。

【0020】さらに、本発明の三次元画像生成方法の一実施態様において、前記仮想視点における画像のパラメータの算出処理は、前記仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する2つのカメラ撮影テクスチャ画像の撮影視点を撮影視点1、撮影視点2としたとき、撮影視点1のベクトル V_1 と仮想視点のベクトル E とのなす角を θ_1 とし、撮影視点2のベクトル V_2 と仮想視点のなすベクトル E とのなす角を θ_2 として、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ を求め、仮想視点における画像パラメータ＝撮影視点1の画像パラメータ $\times (1 - \alpha)$ ＋撮影視点2の画像パラメータ $\times \alpha$ として求めることを特徴とする。

【0021】さらに、本発明の三次元画像生成方法の一実施態様において、前記画像パラメータはRGB値または濃淡値のいずれかを含むことを特徴とする。

【0022】さらに、本発明の三次元画像生成方法の一実施態様において、前記複数のカメラ撮影視点画像におけるテクスチャ画像として使用する画像領域について、画像の濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行する正規化処理ステップを有し、前記合成処理ステップは、前記正規化処理後の画像について、画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行することを特徴とする。

【0023】さらに、本発明の第3の側面は、三次元形状モデルにテクスチャ画像を貼り付けることにより三次元画像を生成する三次元画像生成処理をコンピュータ・システム上で実行せしめるコンピュータ・プログラムを有形的に提供するプログラム提供媒体であって、前記コンピュータ・プログラムは、複数のカメラ撮影視点画像から、三次元画像に対する仮想視点に最も近い撮影視点方向を有する2つのカメラ撮影テクスチャ画像を選択する画像選択ステップと、前記仮想視点方向と、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の2つの撮影視点方向各々とのなす角度に基づいて、前記2つのカメラ撮影テクスチャ画像の持つ画像パラメータの重み付けによる両画像の合成処理を実行する合成処理ステップと、前記仮想視点における画像パラメータを算出し、該パラメータに基づいてテクスチャマッピングを実行するテクスチャマッピングステップと、を有することを特徴とするプログラム提供媒体にある。

【0024】本発明の第3の側面に係るプログラム提供媒体は、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能な汎用コンピュータ・システムに対して、コンピュータ・プログラムをコンピュータ可読な形式で提供する媒体である。媒体は、CDやFD、MOなどの記憶媒体、あるいは、ネットワークなどの伝送媒体など、その形態は特に限定されない。

【0025】このようなプログラム提供媒体は、コンピュータ・システム上で所定のコンピュータ・プログラムの機能を実現するための、コンピュータ・プログラムと

提供媒体との構造上又は機能上の協働的関係を定義したものである。換言すれば、該提供媒体を介してコンピュータ・プログラムをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発明の他の側面と同様の作用効果を得ることができるのである。

【0026】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明の三次元画像生成装置および三次元画像生成方法について、以下詳細に説明する。まず、図4を用いて、本発明の三次元画像生成装置において実行されるテクスチャ画像マッピングの概要を説明する。

【0028】本発明の三次元画像生成装置において実行されるテクスチャ画像マッピングには、測定対象401に対して視点の異なる複数枚のテクスチャ画像を用い、仮想視点に最も近い2枚の画像を選択して、選択した2枚の画像に基づいて、仮想視点と実際の撮影視点との角度を重みとした合成処理により得られる新しいテクスチャ画像を用いてテクスチャマッピングを行なう。

【0029】例えば画像表示を画像のカラー値を決定するパラメータとしてRGB値を用いて実行する場合について想定する。仮想視点が撮影視点1と撮影視点2間に位置する場合、仮想視点におけるRGB値は次式によって算出される。下記式において、 α は撮影視点1のベクトル V_1 と仮想視点のベクトル E とのなす角を θ_1 とし、撮影視点2のベクトル V_2 と仮想視点のなすベクトル E とのなす角を θ_2 としたとき、 $\alpha = \theta_1 / (\theta_1 + \theta_2)$ として定義される。

【0030】

【数1】仮想視点におけるRGB値
＝撮影視点1のRGB値 $\times (1 - \alpha)$
＋撮影視点2のRGB値 $\times \alpha$ ……………(式1)

【0031】上記式から理解されるように、仮想視点のテクスチャ画像の画像パラメータであるRGB値は、仮想視点に近接する2枚の撮影視点からの画像の合成処理によって求められる。なお、仮想視点方向が1つの撮影視点方向と一致する場合は、仮想視点の画像は、その一致する撮影視点の画像として定義し、2つの画像の合成処理は行なわない。

【0032】上記式により求める仮想視点のテクスチャ画像は、撮影視点の画像を用いた合成処理により生成されることになるので、視点1～ n で撮影した n 枚の画像の照明条件の違いが吸収でき、画像間の連続性が保持される。その結果、高解像度のテクスチャ画像マッピングが可能となり、また、三次元形状として再現できていない部分に対しても、視点変更による見え方の変化を再現でき、よりリアルな三次元表示が可能となる。

【0033】特に、視点を変化させた場合の画像変化がなめらかになるという効果がある。すなわち、カメラ視点画像が n 枚あり、これらを $V_1 \sim V_n$ としたとき、例えばある仮想視点画像はカメラ撮影視点画像 V_1 、 V_2 によって合成され、視点を移すと、カメラ撮影視点画像 V_2 、 V_3 による合成画像に切り換えられ、さらに V_3 と V_4 の合成画像、 V_4 と V_5 の合成画像と切り換わることになる。このように、視点を連続的に変更すると、対応するテクスチャ画像は、連続的に前のテクスチャ画像に使用されていた画像が引き続き使用され、その使用割合も視点の移動に伴って連続的に変化することになるので、画像間の不連続性が減少し、観察者に違和感を生じさせない。

【0034】次に、図5を用いて本発明の三次元画像生成装置における複数の撮影視点画像を用いた合成処理により、テクスチャマッピングを行ない三次元画像を生成する処理について説明する。

【0035】ステップS501は、撮影視点画像の画像枚数の設定を行なう初期化ステップである。ステップS501は撮影視点画像枚数 $=n$ であることを示す。ステップS502において、仮想視点ベクトル E の変化の有無を判定する。仮想視点ベクトル E が変化すると判定されると、ステップS503～ステップS506において、カメラ視点 $i=1 \sim n$ に基づくカメラ撮影視点ベクトル $V_1 \sim V_n$ と、仮想視点ベクトル E とのベクトル比較を実行し、仮想視点ベクトル E に最も近接する撮影視点ベクトルを選択する。具体的には各カメラ撮影視点ベクトル V_i と仮想視点ベクトル E との内積を計算して、その値を相互に比較する処理を行なう。

【0036】仮想視点に最も近い2つの撮影視点ベクトルが選択されると、次のステップS507において、三次元画像における画像間の濃淡分布のばらつきを抑えるために、画像の濃淡分布の平均値と分散値の正規化処理を実行する。この処理フローを図6に示す。

【0037】図6のステップS601では、テクスチャマッピング用画像の入力を行なう。すなわちカメラ視点 $1 \sim n$ のテクスチャ画像を入力する。ステップS602では画像 $1 \sim n$ に対して、テクスチャとして用いる部分画像領域を切出す。この部分領域は、例えば前述の図5に示すステップS503～S606において仮想視点を合成するために使用される画像として選択された領域の画像を含む画像である。

【0038】次に、ステップS603において、ステップS602で切出された部分画像領域の濃淡平均値と分散を算出する。次に、ステップS604において、各部分画像領域の濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行してテクスチャマッピング処理に使用する画像を補正する。なお、部分画像領域の濃淡平均値と分散の算出に基づく正規化処理は、例えば、各カメラ視点画像に濃淡のばらつきがほとんどないと判断される場合等には、必ず

しも実行することを必要としない。

【0039】その後、仮想視点におけるテクスチャ画像を、ステップS505で選択した2つのカメラ視点画像からの合成処理によりステップS508において生成する。画像の合成方法は、先に説明した(式1)の重み付けにより実行する。このようにして仮想視点のテクスチャ画像を生成してマッピングを行ない三次元画像を生成する。ステップS508で合成処理を実行する2つのカメラ視点画像は、ステップS507において濃淡平均値と分散値の正規化処理を行なった各カメラ視点画像であり、三次元画像における画像間の濃淡分布のばらつきが抑えられたものとなる。なお、仮想視点と1つの撮影視点が一一致した場合は、1つの撮影視点画像のみを採用することになり、2つの画像からの合成処理は実行しない。

【0040】なお、上述の画像合成処理では、2つの画像がカラー画像でありRGB値を持つ画像の例としての合成処理を説明したが、白黒画像であっても、またRGB以外のパラメータであっても、その上記式1と同様の方法により、仮想視点画像の画像パラメータを2つの最近接カメラ視点画像のパラメータの重み付け処理により実行することが可能である。これらのパラメータの重みづけは、仮想視点のベクトル E と2つの最近接カメラ視点画像のカメラ視点ベクトルとのなす角度に基づいて実行される。

【0041】上述した画像処理により、より現実感のあるリアルな三次元画像が生成される。なお、テクスチャマッピングでは、例えば前述の図1で示したワイヤフレーム領域ごとに上述の合成画像を生成して、これをワイヤフレーム領域毎に貼り付ける処理を実行することによって三次元画像を生成する。複数のワイヤフレーム領域にはりつけるテクスチャ画像間の整合性の調整は、例えば因子分解法によって実現される。これは、図7に示すように、撮影対象であるオブジェクトに対して複数枚の異なる視点からのカメラ視点画像($t=1 \sim n$)を撮影し、さらに、1つのカメラ視点画像、例えば $t=1$ のカメラ視点画像に基づいて特徴点をいくつか取得する。さらに取得した特徴点に対応する位置を各カメラ視点画像において判別して、計測マトリックス(Measurement Matrix)を算出し、 $U \Sigma V'$ の因子分解を行ない、カメラの動き M に合わせた形状 S の生成処理を実行する。

【0042】図7は、異なる視点で撮影した複数枚の画像を用いて対象の三次元形状とカメラの動きを復元する方法、及び手順を示すものである。

【0043】まず、カメラの視点を変えながら、対象を撮影する。撮影した F 枚の画像を $\{f_t(x, y) \mid t=1, \dots, F\}$ と記し、その一枚目の画像 $f_1(x, y)$ から P 個の特徴点をウィンドウ内の分散評価値などによって抽出し、 F 枚の画像にわたって追跡する。特徴点追跡によって得られた各フレーム上の特徴点

座標 (Xfp, Yfp) を行列 W (ここで計測行列と呼ぶ)で表現することができる。そして、線形的な射影モデルを適用し、特異値分解法(SVD)によって計測行列 W を2つの直行行列 U, V' と対角行列 Σ に分解することができる。そこで、直行行列 U, V' では、それぞれカメラの動き情報 M と対象の三次元情報 S が含まれている。また、カメラの姿勢を表現する単位ベクトル

(i, j, k) の拘束条件を用いると、 M と S を一意に決めるための行列 A が求められる。従って、カメラ動き M と対象の三次元形状 S が一意に決まることになる。

【0044】なお、上述の因子分解法を用いる対象の三次元形状とカメラ動きの復元法に関する詳細は、例えば金出らの論文「因子分解法による物体形状とカメラ運動の復元」電子情報通信学会論文誌D-11、Vol. J76-D-11, No. 8, pp. 1497-1505 (1993. 8)を参照されたい。

【0045】図8は、本発明の三次元画像生成装置において、仮想視点に近接する2つのカメラ視点画像による合成処理を用いてテクスチャマッピングを行なった例を示したものである。この例では16枚のカメラ視点画像を用い、各仮想視点に対して上述した手法により、仮想視点ベクトルと2つの最近接カメラ視点ベクトルとのなす角度を重みとした合成処理により、仮想視点における画像パラメータ、例えばRGB値を算出してマッピングを行なったものである。本方法により、いずれの視点においても、高画質のテクスチャ画像がマッピングされた

【0046】図9は、本発明の三次元画像生成処理による三次元画像(c)と、従来の手法によって得られる三次元画像(a)、(b)との比較処理を行なったものである。従来の手法(a)は1枚のテクスチャ画像によってテクスチャマッピングを行なって得られる三次元画像である。この例は、図8(a)に示すフレーム1の画像を用いて三次元画像にマッピングし、その結果をある視点から見たときの表示結果である。この(a)の態様は、視点を変更しても、テクスチャが変更されないの、視点を変えた場合のテクスチャに不自然さが発生し、特に窓部分のテクスチャ画質の低下が目立つ。

【0047】図9(b)は、図8(a)に示す16枚の異なる視点からのテクスチャ画像を用いて仮想視点にもっとも近い撮影視点の画像を選択するいわゆるマッピング法によってある視点からの視点画像を表示したものである。この(b)の例では、視点の変更に伴い、テクスチャも変更されるが、テクスチャ変更時の画像間の濃淡値に急激な変化が発生することがあり、観察者に違和感を生じさせる。これは、各カメラ撮影視点の画像撮影時の照明条件の差異によるものであり、また、(a)と同様、特に窓部分においてテクスチャ画質の劣化が目立つ。

【0048】図9(c)は、本発明の三次元画像生成方法によって生成した画像であり、視点に近接する2つの

撮影画像の合成処理により視点画像を生成したものである。視点が変わることにより、テクスチャ画像も変化するが、その際の画像は、例えばカメラ視点画像を $V1 \sim Vn$ としたとき、ある仮想視点画像はカメラ撮影視点画像 $V1, V2$ によって合成され、視点を移すと、カメラ撮影視点画像 $V2, V3$ によって合成された画像となり、さらに $V3$ と $V4$ の合成画像、 $V4$ と $V5$ の合成画像と続くことになる。このように、視点を連続的に変更すると、対応するテクスチャ画像は、連続的に前のテクスチャ画像に使用されていた画像が引き続き使用されることになるので、画像間の不連続性が減少し、観察者に違和感を生じさせない。さらに、先に図6を用いて説明した濃淡平均値と分散値の正規化処理を実行すれば、さらに画像間の差異が解消される。

【0049】上述のように、本発明の三次元画像生成装置および三次元画像生成方法によれば、より高画質で、かつ視点移動時の画像の連続性が向上した三次元画像が得られる。本発明の三次元画像生成手法を例えばVRML (Virtual Reality Modeling Language)に適用することにより、ブラウザ上でのより現実感のある三次元画像の表示が可能となる。

【0050】以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【0051】

【発明の効果】以上、説明してきたように、本発明の三次元画像生成装置および三次元画像生成方法によれば仮想視点に近接する2つのカメラ視点画像による合成処理を用いてテクスチャマッピングを行なう構成としたので、高画質で、かつ視点移動時の画像の連続性が向上した三次元画像を生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なテクスチャマッピングの手法について説明する図である。

【図2】従来の1枚の画像を用いたテクスチャマッピング手法を説明する図である。

【図3】従来の複数枚画像を用いたテクスチャ画像選択によるマッピング手法を説明する図である。

【図4】本発明の三次元画像生成装置において適用する2枚の画像を用いたテクスチャマッピング手法を説明する図である。

【図5】本発明の三次元画像生成装置において適用する2枚の画像を用いたテクスチャマッピング手法の処理フローを説明する図である。

【図6】本発明の三次元画像生成装置において適用する2枚の画像を用いたテクスチャマッピングにおける画像

の濃淡平均値、分散値の正規化処理フローを説明する図である。

【図 7】本発明の三次元形状計測装置における形状復元手法について説明する図である。

【図 8】本発明の三次元形状計測装置において生成される三次元画像の処理例について説明する図である。

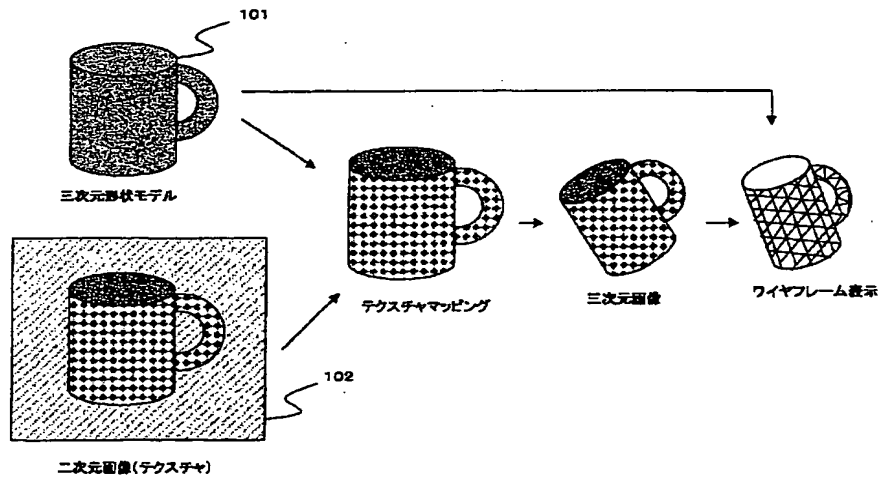
【図 9】本発明の三次元形状計測装置において生成される三次元画像と従来手法によって生成された三次元画像

を比較した図である。

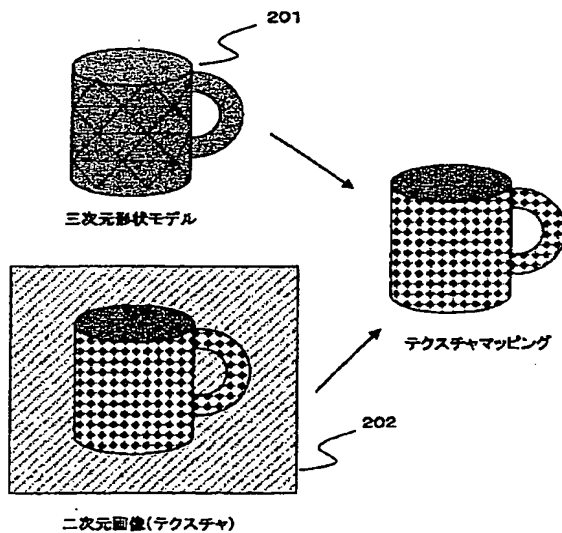
【符号の説明】

- 101 三次元形状モデル
- 102 二次元画像（テクスチャ）
- 201 三次元形状モデル
- 202 二次元画像（テクスチャ）
- 301 測定対象
- 401 測定対象

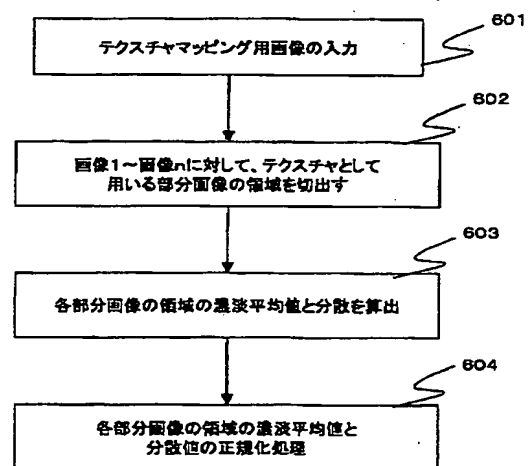
【図 1】



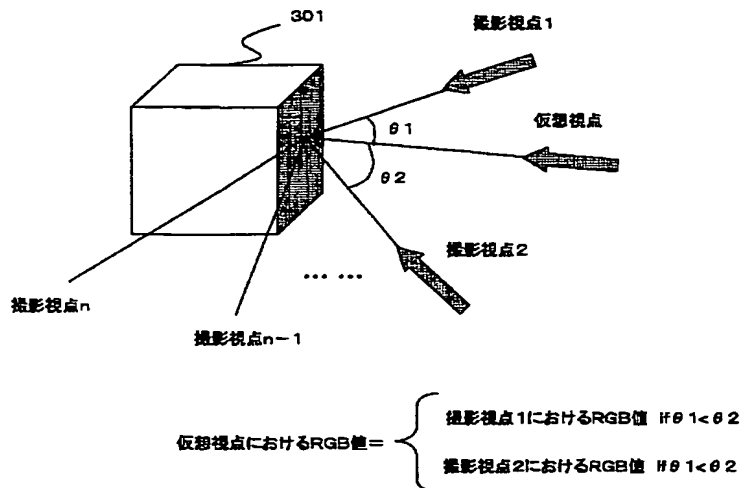
【図 2】



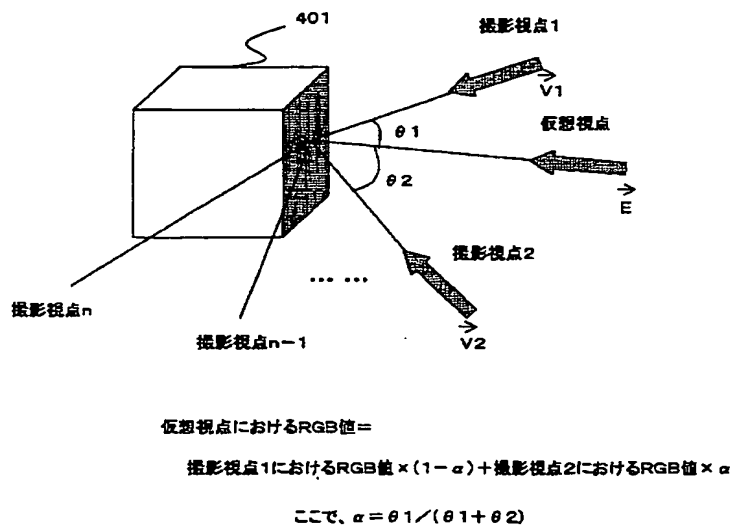
【図 6】



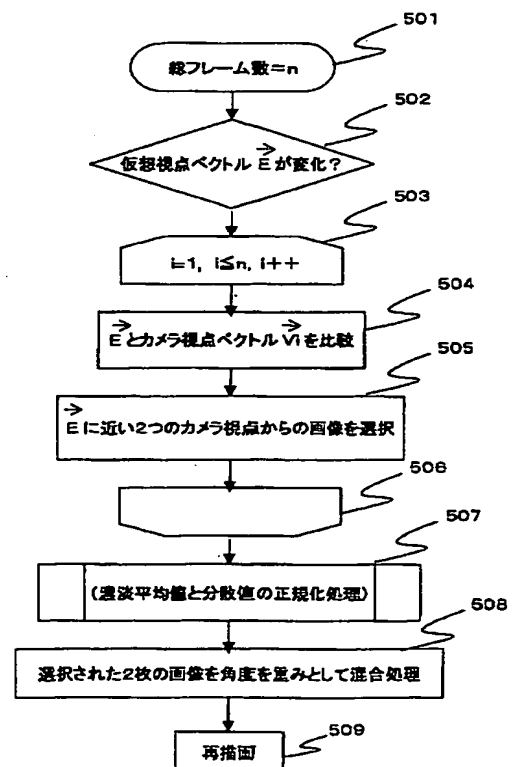
【図3】



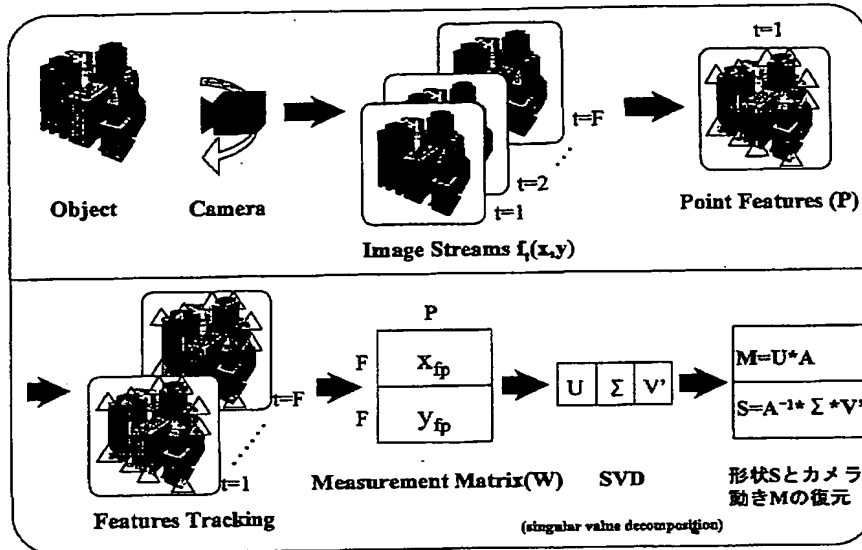
【図4】



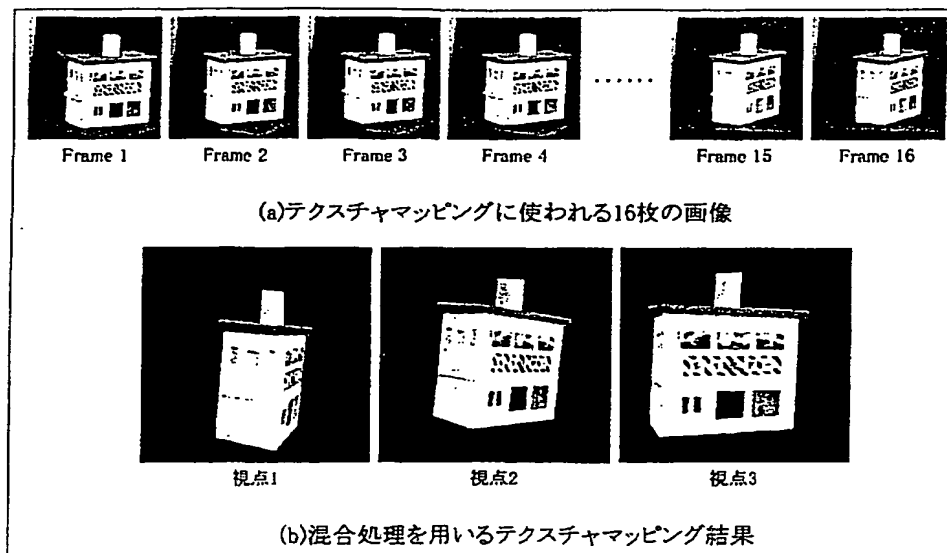
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 寛幸
山形県米沢市本町3丁目1番17号 本町ハ
イツ201号室

Fターム(参考) 5B050 BA09 DA04 DA07 EA13 EA19
EA26
5B080 GA22